



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl ungungsschrift  
⑩ DE 100 52 540 A 1

⑤ Int. Cl. 7:  
A 61 B 6/00

② Aktenzeichen: 100 52 540.7  
③ Anmeldetag: 23. 10. 2000  
④ Offenlegungstag: 16. 5. 2002

DE 100 52 540 A 1

⑦ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦ Erfinder:  
Böhler, Bert, Dipl.-Math., 91126 Schwabach, DE;  
Knapheide, Claus, Issaquah, Wash., US; Platz, Axel,  
81479 München, DE; Weyermann, Bernhard,  
Dipl.-Ing., 91315 Höchstadt, DE

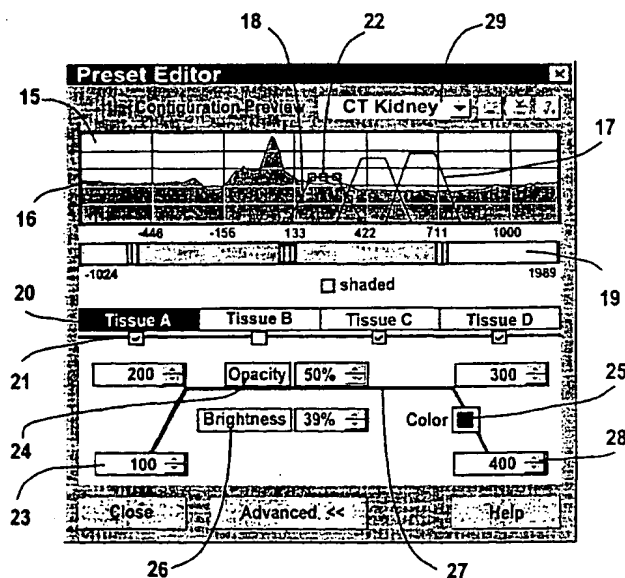
⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 199 55 690 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Diagnostikeinrichtung mit Mitteln zur Einstellung von Transferfunktionen

⑤ Die Erfindung betrifft eine Diagnostikeinrichtung zur Einstellung einer für einen Algorithmus benötigten Transferfunktion mit einer Modalität (1 bis 4) zum Erzeugen von Rohdaten eines Volumens, einem Rechner (8) zur Berechnung dreidimensionaler (3-D) medizinischer Bilder aus den Rohdaten, mit einem Bildsystem (9), einer Eingabevorrichtung (12) und einer Wiedergabevorrichtung (11), wobei das Bildsystem (9) derart ausgebildet ist, dass eine Histogrammverteilung (16) der Grauwerte in einem Histogramm-Fenster (15) auf der Benutzeroberfläche der Wiedergabevorrichtung (11) angezeigt wird, dass symbolhaft eine trapezförmige Transferfunktion (26) dargestellt ist, an der Eingabefelder (23 bis 25) für Transferfunktionen (17, 18) kennzeichnende Werte an den zugehörigen Stellen angeordnet sind, und dass die Transferfunktionen (17, 18) aufgrund der Eingaben in der Histogrammverteilung (16) der Grauwerte eingblendet wird.



DE 100 52 540 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Diagnostikeinrichtung zur Einstellung einer für einen Algorithmus benötigten Transferfunktion mit einer Modalität zum Erzeugen von Rohdaten eines Volumens, einem Rechner zur Berechnung dreidimensionaler (3D) medizinischer Bilder aus den Rohdaten, mit einem Bildsystem, einer Eingabevorrichtung und einer Wiedergabevorrichtung.

[0002] Bei der Visualisierung von dreidimensionalen (3D) Volumendatensätzen in der Medizintechnik bei Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MR) oder Angiographie-Untersuchungen wie CTA oder MRA gewinnt der Algorithmus Volume Rendering immer größere Bedeutung.

[0003] Durch die Technik des Volume Rendering wird das anatomisch räumliche Verhältnis zwischen verschiedenen Organen wiedergegeben, um eine Einsicht in verborgene Strukturen, insbesondere von Adern zu verstärken. Es können verschiedene Objekte des selben Volumens, wie beispielsweise Adern, Knochen, Haut und Weichteile, gleichzeitig betrachtet werden. Diese Differenzierung wird auf der Basis einer ausgewählten Objektschwelle berechnet und charakterisiert die Transparenz, Schattierung oder Farbe.

[0004] Dieser sehr leistungsfähige Algorithmus fordert jedoch bei nicht vorsegmentierten Volumendatensatz die Definition einer Transferfunktion, die jedem Grauwert einen RGBA-Wert zuweist, der eine Transparenz (A) und eine Farbe bestehend aus einer Mischung von Rot (R), Grün (G) und Blau (B) kennzeichnet. Aufgabe der Transferfunktion ist es, anatomisch zusammengehörige Grauwertbereiche aufzufinden und abzugrenzen. Als schwierig gestaltet sich dabei die Auffindung der Grenzen der Grauwertbereiche, da dieser Prozess durch rein empirische Ansätze gelöst wird, wie dies in G. Kindlmann et al "Semi-Automatic Generation of Transfer Functions for Direct Volume Rendering" in Proceedings Symposium on Volume Visualization '98, Seiten 79-86, 1998, oder S. Fang et al "Image-Based Transfer Function Design for Data Exploration in Volume Visualization" in Proceedings Symposium on Volume Visualization '98, Seiten 319-326, 1998, beschrieben ist. So bietet die Mehrheit der derzeitigen graphischen Benutzeroberflächen nur die Möglichkeit, mittels Freihand-Funktionsverläufen (siehe Fig. 2) oder mit Block- oder Trapezfunktionen (siehe Fig. 3), vgl. auch R. A. Drebin et al "Volume Rendering" in Computer Graphics 24(4), pages 65-75, 1988 die Transferfunktion zu definieren. Anhaltspunkt hierfür ist zu meist das Grauwerthistogramm oder bestimmtes Vorwissen über Grauwertbereiche (z. B. Hounsfield-Einheiten bei CT). Derartige Einstellmöglichkeiten der Transferfunktion sind aufwendig und ungenau, so dass die Auffindung der korrekten Transferfunktion nur schwer und mit unverhältnismäßig großem Zeitaufwand möglich ist. Daraus folgt, dass Volume Rendering bei Medizinern in der klinischen Routine nur schwer Akzeptanz findet.

[0005] Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, eine Diagnostikeinrichtung der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass eine einfache Einstellung von Transferfunktionen zur Wiedergabe zusammengehöriger Grauwertbereiche möglich wird.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Bildsystem derart ausgebildet ist, dass eine Histogrammverteilung der Grauwerte in einem Histogramm-Fenster auf der Benutzeroberfläche der Wiedergabevorrichtung angezeigt wird, dass symbolhaft eine trapezförmige Transferfunktion dargestellt ist, an der Eingabefelder für Transferfunktionen kennzeichnende Werte an den zugehörigen Stellen angeordnet sind, und dass die Transferfunktio-

nen aufgrund der Eingaben in der Histogrammverteilung der Grauwerte eingeblendet wird. Dadurch lässt sich auf einfache Weise eine schnelle und genaue Einstellung der Transferfunktionen erreichen, wobei durch die Übersicht in dem Histogramm-Fenster eine Kontrolle ermöglicht wird.

[0007] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn eine Auswahlleiste vorgesehen ist, mittels der sich mehrere Transferfunktionen zur Einstellung auswählen und zur Darstellung aktivieren lassen.

[0008] Eine präzise Einstellung kann erfolgen, wenn mittels der Werte in den Eingabefeldern die Eckpunkte der Transferfunktion und damit deren Grauwertbereich sowie die Transparenz, die Helligkeit und/oder die Farbe der Transferfunktion einstellbar und variierbar sind.

[0009] Eine gute Übersicht behält man, welche Transferfunktion man soeben ändern kann, wenn die ausgewählte Transferfunktion in dem Histogramm-Fenster markiert ist.

[0010] Ein Zoomen in dem Histogramm-Fenster lässt sich erreichen, wenn der in dem Histogramm-Fenster angezeigte Grauwertbereich mittels einer Scrollbar veränderbar ist.

[0011] In vorteilhafter Weise kann die Transferfunktionen für den Algorithmus Volume Rendering eingesetzt werden.

[0012] Es lassen sich die Transferfunktionen für mehrere Untersuchungen einsetzen, wenn das Bildsystem einen Speicher für Transferfunktionen aufweist.

[0013] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Bildsystem derart ausgebildet ist, dass im Histogramm-Fenster die aktive Transferfunktion an ihren veränderbaren Punkten markiert ist.

[0014] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Computertomographen zum Einsatz der Erfindung,

[0016] Fig. 2 Freihand-Funktionsverläufe als Transferfunktion,

[0017] Fig. 3 beliebig setzbare Block- und Trapezfunktionen als Transferfunktion und

[0018] Fig. 4 graphische Benutzeroberfläche (user interface) zur Einstellung der Transferfunktionen gemäß der Erfindung.

[0019] Der Computertomograph gemäß Fig. 1 als Modalität zum Erzeugen dreidimensionaler medizinischer Bilder weist eine Messeinheit aus einer durch einen Röntgenerators 1 gespeisten Röntgenstrahlenquelle 2, die ein fächerförmiges erstes Röntgenstrahlenbündel 3 aussendet, und einen Strahlenempfänger 4 auf, welcher aus einer Reihe von Einzeldetektoren, beispielsweise aus 512 Einzeldetektoren besteht. Der zu untersuchende Patient 5 liegt auf einem Patientenlagerungstisch 6. Zur Abtastung des Patienten 5 wird die Messeinheit 2, 4 um ein Messfeld 7, in dem der Patient 5 liegt, um 360° gedreht.

[0020] Dabei wird der Röntgenerators 1 gepulst oder mit Dauerstrahlung betrieben. Bei vorbestimmten Winkelpositionen der Messeinheit 2, 4 werden Sätze von Daten erzeugt, die vom Strahlenempfänger 4 einem Rechner 8 zugeführt werden, welcher aus den erzeugten Datensätzen die Schwächungskoeffizienten vorbestimmter Bildpunkte berechnet. An dem Rechner 8 ist ein Bildsystem 9 angeschlossen, das Wandler, Speicher 10 und Verarbeitungsschaltungen aufweisen kann. Es ist zur Wiedergabe der Bilder der durchstrahlten Schichten des Patienten 5 mit einem Monitor 11 verbunden. An dem Bildsystem 9 ist weiterhin eine Eingabevorrichtung 12 angeschlossen, die eine Tastatur und/oder eine Maus 13 aufweist.

[0021] Die Änderung der Richtung des Nutzstrahlenbündels 3 erfolgt durch Drehung eines Drehkranzes 14 mit Hilfe einer nicht dargestellten Drehvorrichtung, auf dem die Rönt-

genstrahlenquelle 2 und der Strahlenempfänger 4 angebracht sind.

[0022] Dieser Computertomograph kann durch Erstellung von mehreren Schichten oder im sogenannten Spiralbetrieb 3D-Volumendatensätze erzeugen, die durch Volume Rendering zur besseren Visualisierung in dem Bildsystem 9 weiter verarbeitet werden können. Dabei können die obengenannten Algorithmen der Mustererkennung Verwendung finden, die die Möglichkeit bieten, die schwer aufzufindenden Grenzen der Grauwertbereiche und deren Steigungen zu bestimmen.

[0023] Zur einfachen Abgrenzung von zusammengehörigen Grauwertbereichen und Einstellung der Transferfunktionen dient die erfindungsgemäße Vorrichtung, die eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche (user interface) 15 verwendet.

[0024] Durch diese in Fig. 4 dargestellte graphische Benutzeroberfläche (UI) der Transferfunktionen lassen sich deren Werte leicht erfassen. Die Benutzeroberfläche weist ein Histogramm-Fenster 15 auf, in dem die Histogrammverteilung 16 der Grauwerte angezeigt werden. In dem Histogramm-Fenster 15 sind aktivierte Transferfunktionen 17 und 18 eingeblendet.

[0025] Unter dem Histogramm-Fenster 15 ist eine sogenannte Scrollbar 19 wiedergegeben, mittels der sich der dargestellte Bereich aus dem Gesamtbereich in Größe und Lage auswählen lässt.

[0026] Mittels einer Auswahlleiste 20 lassen sich die Transferfunktionen 17 und 18 auswählen, wobei mehrere Transferfunktionen 17 und 18 durch Checkboxes 21 aktiviert sein können. Die Transferfunktion 18, die gerade in ihren Einstellungen verändert werden soll, ist in der Auswahlleiste 20 farblich hervorgehoben. Gleichzeitig wird die entsprechende dazugehörige Transferfunktion 18 im Histogramm-Fenster 15 beispielsweise durch Kästchen 22 markiert. Diese Markierungen entsprechen Eingabefeldern 23 bis 26, die neben einer symbolisierten Trapezfunktion 27 angeordnet sind.

[0027] Durch die Eingabefelder 23 an den Eckpunkten der Trapezfunktion, in denen die Grauwerte dieser Eckpunkte eingegeben werden, lässt sich deren Form punktgenau einstellen, d. h. die Steilheit der Flanken in der Transferfunktion und die Bereichsgrenzen, die sich in dem Histogramm-Fenster 15 entsprechend den Einstellungen ändert. Durch das Eingabefeld 24 an der Geraden lässt sich die Transparenz (Opacity) und damit die Höhe der Transferfunktion verändern.

[0028] Alle Eingaben können dabei in bekannter Weise durch Eingabe der gewünschten Zahlenwerte oder durch Veränderung der Zahlenwerte durch die Größer- oder Kleiner-Buttons 28. Zusätzlich kann in dem Eingabefeld 25 auf der abfallenden Geraden die Farbe und in dem Eingabefeld 26 die Helligkeit (Brightness) der Transferfunktion und des durch die Transferfunktion markierten Grauwertbereich ausgewählt werden. Diese Farbe nimmt auch dann die ausgewählte Transferfunktion 18 sowie die Markierung unterhalb der Auswahlleiste 20 an.

[0029] In der Kopfleiste lassen sich über ein Pull Down Menü 29 in dem Speicher 10 abgelegte Transferfunktionen abrufen.

[0030] Durch die erfindungsgemäße Diagnostikeinrichtung lassen sich Transferfunktionen 17 und 18 übersichtlich und auf einfache Weise auswählen und einstellen. Deutlich sind die aktiven Transferfunktionen 17 und die ausgewählte Transferfunktion 18 erkennbar. Die gewünschten Einstellwerte lassen sich schnell und leicht eingeben und man erhält eine sofortige Rückmeldung über deren Auswirkungen. Durch die Scrollbar 19 lässt sich der dargestellte Grauwert-

bereich vergrößern und zoomen. Auf gespeicherte Transferfunktionen lässt sich zurückgreifen, die sich noch an die gewünschten Kurvenverläufe anpassen lassen.

#### Patentansprüche

1. Diagnostikeinrichtung zur Einstellung einer für einen Algorithmus benötigten Transferfunktion mit einer Modalität (1 bis 4) zum Erzeugen von Rohdaten eines Volumens, einem Rechner (8) zur Berechnung dreidimensionaler (3D) medizinischer Bilder aus den Rohdaten, mit einem Bildsystem (9), einer Eingabevorrichtung (12) und einer Wiedergabevorrichtung (11), wobei das Bildsystem (9) derart ausgebildet ist, dass eine Histogrammverteilung (16) der Grauwerte in einem Histogramm-Fenster (15) auf der Benutzeroberfläche der Wiedergabevorrichtung (11) angezeigt wird, dass symbolhaft eine trapezförmige Transferfunktion (26) dargestellt ist, an der Eingabefelder (23 bis 25) für Transferfunktionen (17, 18) kennzeichnende Werte an den zugehörigen Stellen angeordnet sind, und dass die Transferfunktionen (17, 18) aufgrund der Eingaben in der Histogrammverteilung (16) der Grauwerte eingeblendet wird.
2. Diagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswahlleiste (20) vorgesehen ist, mittels der sich mehrere Transferfunktionen (17, 18) zur Einstellung auswählen und zur Darstellung aktivieren lassen.
3. Diagnostikeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Werte in den Eingabefeldern (23) die Eckpunkte der Transferfunktion (17, 18) und damit deren Grauwertbereich einstellbar sind.
4. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Werte in den Eingabefeldern (24, 25) die Transparenz, die Helligkeit und/oder die Farbe der Transferfunktion (17, 18) variierbar sind.
5. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ausgewählte Transferfunktion (18) in dem Histogramm-Fenster (15) markiert ist.
6. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der in dem Histogramm-Fenster (15) angezeigte Grauwertbereich mittels einer Scrollbar (19) veränderbar ist.
7. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Transferfunktionen (17, 18) für den Algorithmus Volume Rendering eingesetzt wird.
8. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsystem (9) einen Speicher (10) für Transferfunktionen (17, 18) aufweist.
9. Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsystem (9) derart ausgebildet ist, dass im Histogramm-Fenster (15) die aktive Transferfunktion (18) an ihren veränderbaren Punkten markiert ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

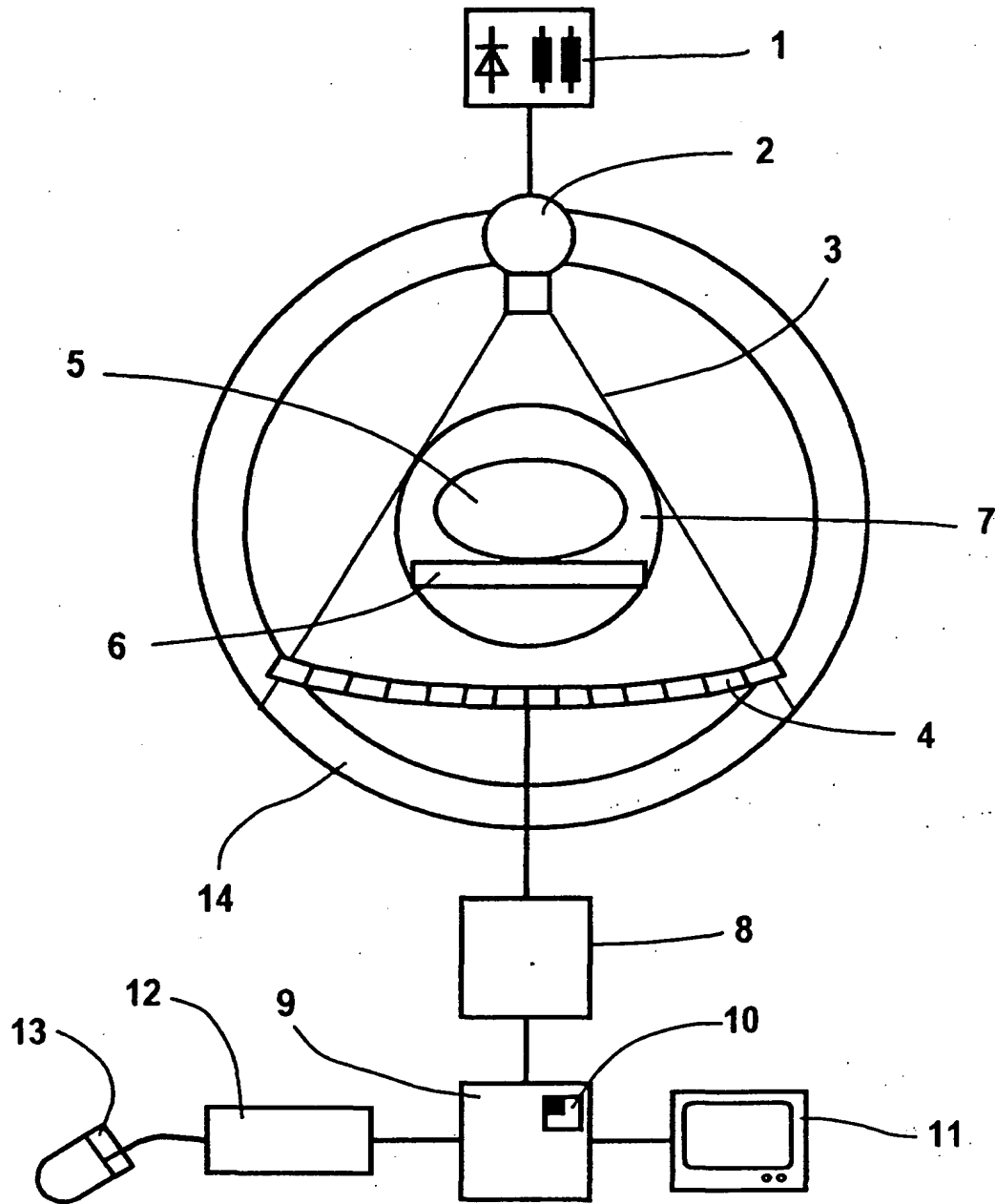


FIG 1

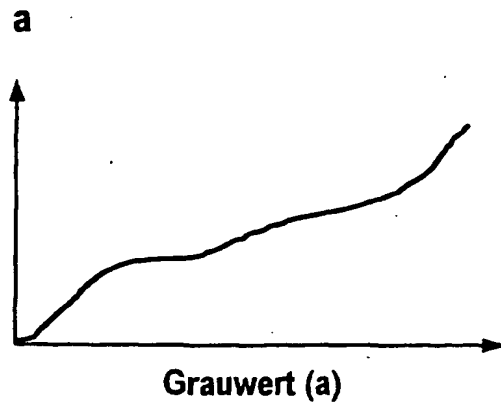


FIG 2

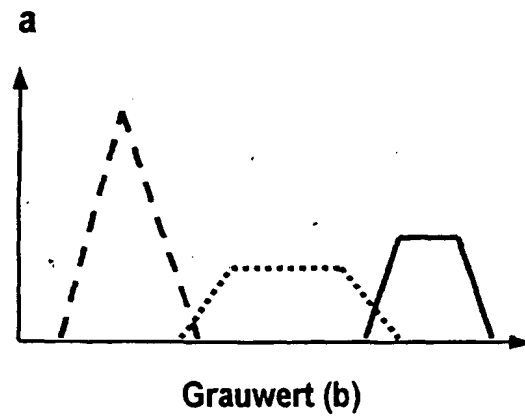


FIG 3

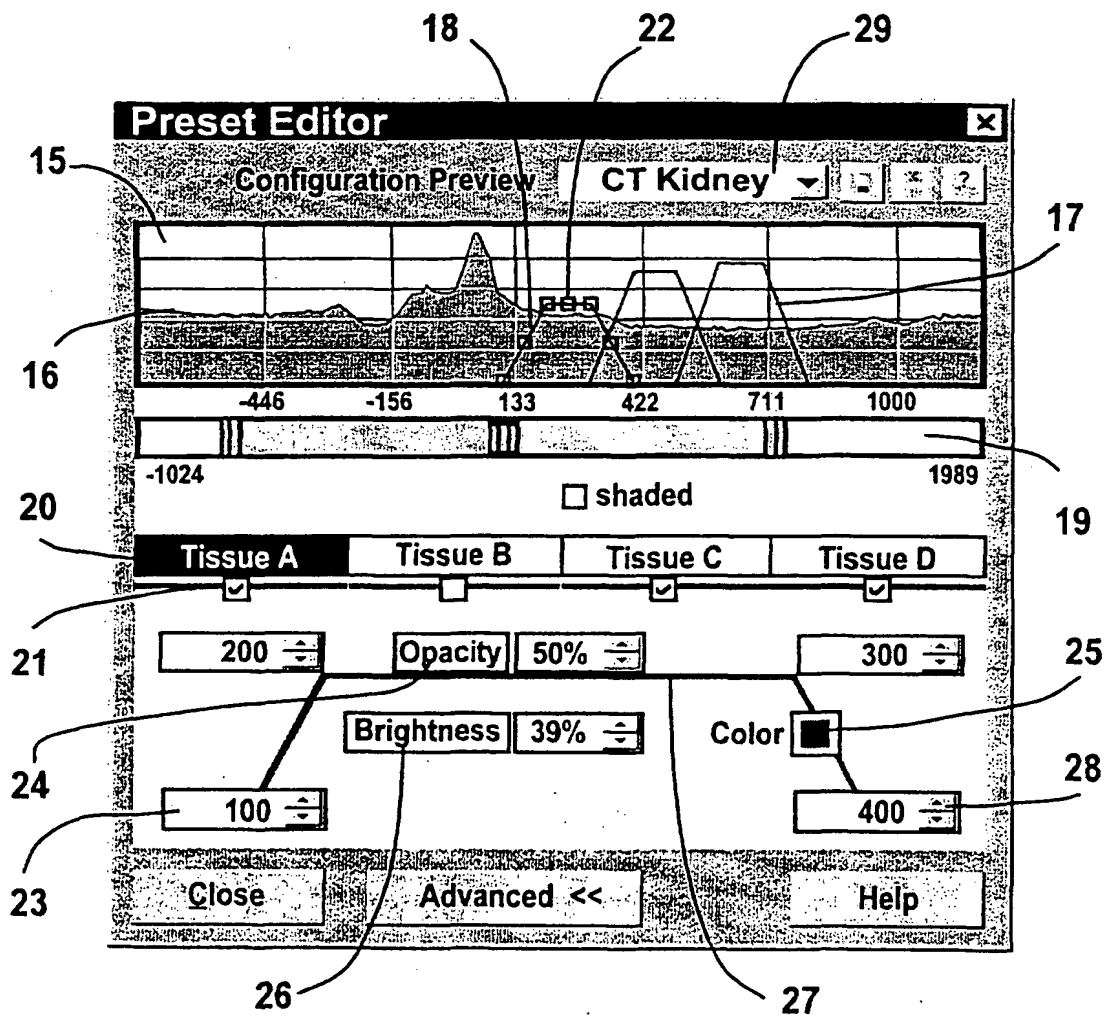


FIG 4